

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ

Котов В.В.^{1,2}, Сергеева К.И.^{1,2}, Троянов В.А.^{1,3}, Беликов С.В.²

¹Представительство ESI Group в РФ, г. Екатеринбург

²ФГАОУ ВПО «УрФУ», г. Екатеринбург

³ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург

kc985432@mail.ru

Актуальной проблемой современного металловедения остается вопрос повышения прочности и надежности металлических конструкций. Известно, что уровень механических свойств материала определяется, в первую очередь, его структурой. В настоящее время для повышения пластичности и ударной вязкости конструкционных сталей рекомендуется применять новые технологические схемы термической обработки. Однако для осуществления этого выбора на производстве чаще всего приходится изготавливать опытные образцы и добиваться необходимых свойств методом «проб и ошибок». Такой путь не только увеличивает время для определения необходимого режима термической обработки, но и приводит к значительному удорожанию продукции. Именно поэтому в современном производстве развито применение математического моделирования, основанного на физических процессах. Ряд решений в этой области предлагает французская компания ESI Group, в частности для моделирования процессов термообработки существует программа Visual-Heat Treatment.

Целью данной работы является сравнение результатов, полученных в ходе моделирования различных режимов термической обработки стальной трубы в программе Visual-Heat Treatment, с результатами эксперимента.

В качестве исследуемого материала была выбрана низколегированная трубная сталь типа 20ХМФ. Состав материала, использованного как для расчета, так и для эксперимента, приведен в таблице 1.

Таблица 1 Химический состав, масс. %*

Хим. элемент	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni
Сталь						
20MoCr4_022C (база данных ESI)	0,22	0,56	0,30	0,56	0,44	0,15
26Х1МФА	0,26	0,62	0,25	1,60	0,43	0,09

*ост. Fe

Проводилось моделирование термообработки трубы диаметром 219 мм с толщиной стенки 8 мм из стали 20MoCr4_022C.

Параметры, используемые для расчета термообработки стали 20MoCr4_022C:

1. закалка от 890 °C в спрейерной установке
2. закалка от 890 °C в масле
3. охлаждение на воздухе с 890 °C.

Режим термической обработки стали 26X1МФА для проведения механических испытаний:

1. закалка от 880 °C в воду
2. охлаждение на воздухе с 880 °C.

Особенностью работы в программе Visual-Heat Treatment является простота задания параметров и запуска расчета. На рисунке 1 представлен вид рабочего окна. Так, процесс ввода расчетных параметров с помощью Heat Treatment Advisor осуществляется в 7 этапов, где указывается материал, температура нагрева изделия, среда охлаждения, условия охлаждения и закрепления. После чего запускается менеджер расчета (Computation Manager).

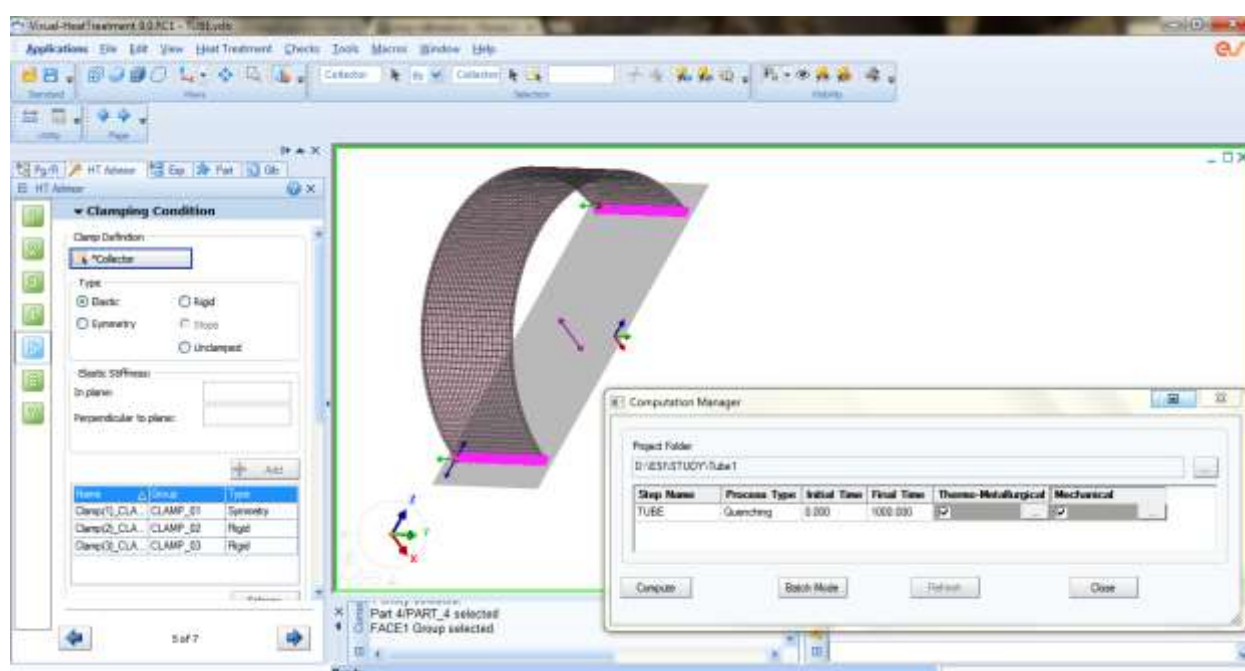


Рисунок 1. Рабочее окно Visual-Heat Treatment.

В результате расчета были получены данные по микроструктуре, короблениям, внутренним напряжениям, а также механические свойства. Расчет закалки в спрейере с 890 °C показал, что структура трубы полностью мартенситная, максимальное значение короблений составляет 0,5 мм, предел текучести находится на уровне 890 МПа, что соответствует данным, полученным при испытаниях на одноосное растяжение образцов из стали 26X1МФА (около 900 МПа).

При закалке в масло структура представляет собой смесь мартенсита и бейнита в равных долях, при этом коробления на порядок ниже (0,03 мм), а рассчитанный предел текучести равен 690 МПа. При расчете нормализации получено, что структура представлена ферритно-перлитной смесью с небольшим количеством мартенсита и бейнита, коробления составляют 0,5 мм, но имеют другой характер (показано, что в результате нормализации происходит овализация трубы), предел текучести равен 480 МПа, тогда как предел текучести стали 26Х1МФА, полученный при механических испытаниях выше всего на 4 % и составляет 500 МПа.

Таким образом, с помощью моделирования в программе Visual-Heat Treatment можно получить хорошее соответствие расчетных результатов с экспериментальными данными. Это позволяет за короткий отрезок времени рассмотреть все интересующие режимы термической обработки без осуществления физических экспериментов.